

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 03222488  
 PUBLICATION DATE : 01-10-91

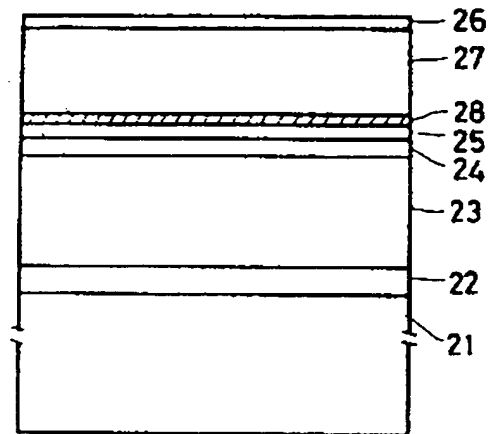
APPLICATION DATE : 29-01-90  
 APPLICATION NUMBER : 02018449

APPLICANT : FURUKAWA ELECTRIC CO LTD:THE;

INVENTOR : OKAMOTO HIROSHI;

INT.CL. : H01S 3/18

TITLE : SEMICONDUCTOR LASER ELEMENT  
 AND MANUFACTURE THEREOF



ABSTRACT : PURPOSE: To reduce an irregularity in a threshold currents and to improve manufacturing yield by forming a clad layer of InGaP, and inserting an etching stop layer made of a GaAs thin film into the clad layer.

CONSTITUTION: An InGaP is lattice-matched to a GaAs, a ridge waveguide type distortion quantum well laser double heterostructure is formed by using properties in which the InGaP and the GaAs can be selectively etched at different speeds, the InGaP is used as clad layers 23, 25, 27, and the GaAs thin film is inserted as the etching stop layer 28 at the control position of the etching depth in a mesa forming step. Accordingly, when such a double heterostructure is selectively etched, a distance between the bottom of the mesa and the active layer can be accurately controlled. Thus, a semiconductor laser element in which an irregularity in its threshold current is reduced and its manufacturing yield can be improved, is obtained.

COPYRIGHT: (C)1991,JPO&Japio

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平3-222488

⑤ Int.Cl.<sup>3</sup>

H 01 S 3/18

識別記号

庁内整理番号

6940-5F

④ 公開 平成3年(1991)10月1日

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全5頁)

⑬ 発明の名称 半導体レーザ素子及びその製造方法

⑭ 特 願 平2-18449

⑮ 出 願 平2(1990)1月29日

⑯ 発 明 者 伊 地 知 哲 朗 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内

⑰ 発 明 者 岡 本 紘 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内

⑱ 出 願 人 古河電気工業株式会社 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号

明 細 書

1. 発明の名称 半導体レーザ素子及びその製造方法

2. 特許請求の範囲

(1) InGaAs 井戸層とGaAs 障壁層からなる亜量子井戸構造を有する活性層と、該活性層の上下に配置されたクラッド層がGaAs 基板上にエピタキシャル成長されてなる半導体レーザ素子において、前記クラッド層がInGaP からなり、クラッド層中にGaAs 薄膜からなるエッチング停止層が挿入されていることを特徴とする半導体レーザ素子。

(2) 硫酸、酒石酸及びアンモニアのいずれかと過酸化水素からなる混合溶液でGaAs 層をInGaP に対して選択エッチングする工程と、塩酸を含む過酸化水素を含まないエッチング液でInGaP をGaAs に対して選択エッチングする工程を含む前記半導体レーザ素子の製造方法。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、量産化に適した亜量子井戸半導体レーザ素子とその製造方法に関する。

(従来の技術)

In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As (x=0.1~0.5) 亜量子井戸層(ウェル)及びGaAs 障壁層(バリア)からなる亜量子井戸構造を活性層としてGaAs 基板上に形成する亜量子井戸半導体レーザ素子は、従来のGaAs/AlGaAs 及びGaInAsP/InP 等の格子整合系レーザではちょうど谷間になっていた波長0.9~1.1μmの光源として期待されている。

ところで、半導体レーザ素子は、横モードを制御するために利得導波型もしくは屈折率導波型のいずれかの導波機構を採る必要がある。

それぞれの導波型について種々のレーザ素子構造が提案されているが、亜量子井戸半導体レーザ素子の場合にはウェルとバリアの間で格子不整合があるため、活性層をストライプ状にメサエッチングした後に埋め込み成長を行う、例えばBH構造のようなレーザ素子では、活性層近傍の埋め込

み成長層に位相等の欠陥が生じ易く、寿命の長い半導体レーザ素子が得られにくい。

一方、リッジ導波路型レーザ素子は活性層を平坦なまま残して作製できる屈折率導波路型のレーザ素子であり、歪み井戸には過するレーザ素子構造の一つである。

第3図を用いて従来のリッジ導波路型レーザ素子の基本となるダブルヘテロ構造を説明する。

(1)は約350 $\mu\text{m}$ のn型GaAs基板であり、この上にMBEあるいはMOCVD等のエピタキシャル成長により以下に述べる(2)~(6)の層を積層する。(2)は0.5 $\mu\text{m}$ のn型GaAsバッファ層であり、(3)は、1.5 $\mu\text{m}$ のn型Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>Asクラッド層である。(4)は、In<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As歪み井戸とGaAs障壁層等からなる活性層及び光閉じ込め層である。(5)は、1.5 $\mu\text{m}$ のp型Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>Asクラッド層であり、(6)は、0.2 $\mu\text{m}$ のp型GaAsコンタクト層である。

活性層および光閉じ込め層(4)の詳細を、第4図に示す。第4図において、(7)は、上下それぞれ

1500ÅのGaAs光閉じ込め層であり、(8)は各々100ÅのGaAs障壁層であり、(9)は各々40ÅのIn<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As歪み井戸層である。

なお、以上は、一例であり混晶の組成比、歪み井戸の層数、各層の膜厚等はさまざまである。また、光閉じ込め層としては、Alの組成比をパラボリックに変化させたAlGaAsを用いたGRIN-SCH構造も良く用いられる。

次に、以上述べたリッジ導波路の歪み井戸半導体レーザ素子に加工するプロセスの一例を第5図(a)~(d)を用いて説明する。すなわち、

1) 第5図(a)のように、フォトリソグラフ等の手法によりp型GaAsコンタクト層(6)の上にレジスト(10)をパターンニングする。

2) 第5図(b)のようにレジスト(10)をマスクとして、ダブルヘテロ構造のGaAsコンタクト層(6)および上側クラッド層(5)をエッチング底面が活性層(4)の上部0.2 $\mu\text{m}$ 程度に達するまでエッチングを行う。

AlGaAs/GaAs系のエッチング液とし

ては、例えば、硫酸・過酸化水素の混合溶液、酒石酸・過酸化水素の混合溶液、アンモニア・過酸化水素の混合溶液等が用いられる。

3) 第5図(c)のように、スパッタ等の手法を用いてエピタキシャル膜表面にSiO<sub>2</sub>、SiN等のエッチングマスク(11)となる阻膜を成膜する。本例の場合には、0.1 $\mu\text{m}$ のSiO<sub>2</sub>を成膜した。

4) 第5図(d)のように、フォトリソグラフ等の手法によりパターンニングしたレジストマスクとしてストライプ上のSiO<sub>2</sub>にエッチング部(12)を形成する。

5) 上下両面に電極形成、素子分離等の微細加工を施してレーザチップを得る。

(発明が解決しようとする課題)

上述の2)のメサ形成工程は、レーザの特性を決定する重要な工程である。すなわち縦モードの制御のためにメサ底部と活性層の距離を正確に制御する必要があるし、また光の散乱損失を生じさせないように、メサ底部が平坦であることが必要である。

エッチング深さの制御においては、エッチング液の組成、温度等の管理がきびしく、またエッチング深さが面内でむらにならぬように十分に組成、温度の均一性を保つ必要があるなど技術的に困難な要素が多く、再現性がとりにくく歩留りが上がらないという問題があった。

(課題を解決するための手段と作用)

本発明は上記課題を解決した半導体レーザ素子及びその製造方法を提供するもので、InGaAs井戸層とGaAs障壁層からなる歪み井戸構造を有する活性層と、該活性層の上下に配置されたクラッド層がGaAs基板上にエピタキシャル成長されてなる半導体レーザ素子において、前記クラッド層がInGaPからなり、クラッド層中にGaAs阻膜からなるエッチング停止層が押入されている半導体レーザ素子を第一発明とし、硫酸、酒石酸及びアンモニアのいずれかと過酸化水素からなる混合溶液でGaAs層をInGaPに対して選択エッチングする工程と、塩酸を含み過酸化水素を含まないエッチング液でInGaP

をGaAsに対して選択エッチングする工程を含む前記半導体レーザ素子の製造方法を第二発明とするものである。

本発明は、InGaPがGaAsに格子整合し、InGaPとGaAsを異なった速度で選択的にエッチング出来る性質を利用し、リッジ導波路型歪量子井戸レーザ用ダブルヘテロ構造として、クラッド層にInGaPを用い、メサ形成工程におけるエッチング深さの制御位置にGaAs薄膜をエッチング停止層として挿入したものである。従って、このようなダブルヘテロ構造に選択的なエッチング処理を施すと、メサ底部と活性層の距離を正確に制御することができる。

メサ形成工程においては、GaAsコンタクト層は、硫酸・過酸化水素の混合溶液、酒石酸・過酸化水素の混合溶液、またはアンモニア・過酸化水素の混合溶液のいずれかを用いてエッチングする。これらのエッチング液は、濃度、温度によってエッチング速度が変化するが、GaAsのエッチング速度は通常InGaPの場合の20倍以上で

あり、GaAs層のみを選択的にエッチングすることが出来る。次に、GaAs薄膜からなるエッチング停止層までのInGaPを、塩酸を含み過酸化水素を含まないエッチング液で選択エッチングする。InGaPとGaAsに対するこのエッチング液のエッチング速度の比は1万分の1以下と小さく、エッチング停止層でエッチングを精度よく止めることが出来る。

#### 〔実施例〕

以下、図面に示した実施例に基づいて本発明を詳細に説明する。

第1図は本発明に係る半導体レーザ素子のダブルヘテロ構造の一実施例の断面図であり、(21)は約350 $\mu$ mのn型GaAs基板であり、(22)は0.5 $\mu$ mのn型GaAsバッファ層であり、(23)は1.5 $\mu$ mのn型In<sub>0.53</sub>Ga<sub>0.47</sub>Pクラッド層である。

(24)は従来例同様、In<sub>0.53</sub>Ga<sub>0.47</sub>As歪量子井戸、GaAs障壁層等からなる活性層および光閉じ込め層である。

(25)および(27)は、それぞれ0.2 $\mu$ mおよび1.3

$\mu$ mのp型In<sub>0.53</sub>Ga<sub>0.47</sub>Pクラッド層であり、(28)はp型クラッド層(25)、(27)に挿入して設けた0.1 $\mu$ mのp型GaAsエッチング停止層である。(26)は0.2 $\mu$ mのp型GaAsコンタクト層である。

エッチング停止層(28)の厚さは、クラッドの光閉じ込め効果を損なわないように0.2 $\mu$ m以下とすることが望ましい。

なお、同一構造でエッチング停止層(28)の厚さのみを50 $\text{\AA}$ にし、該エッチング停止層(28)の吸収端を量子効果により短波長側にシフトさせたものを第2の実施例とした。

上記実施例においてメサ形成の工程は次のように行われた。即ち、GaAsコンタクト層(26)のエッチングは硫酸と過酸化水素の混合溶液を用いて行った。この混合溶液のエッチング速度は温度、混合比、かくはんの状態等の条件により変わるが、GaAsのエッチング速度はInGaPの20倍以上であり、この液を用いてGaAsのみをエッチングすることが出来る。次に、エッチング停止層(28)までのInGaPクラッド層(27)のエッチン

グを36%（重量百分率）の塩酸を用いて行った。この塩酸の20℃でのInGaPのエッチング速度は約0.1 $\mu$ m/秒であり、エッチングすべき1.3 $\mu$ m厚のInGaP層は13 $\pm$ 2秒でエッチング出来た。一方、GaAsに対するこの塩酸のエッチング速度は測定出来ない程小さく、50 $\text{\AA}$ のGaAs層は10分間のエッチングによってもエッチングできず、0.1 $\text{\AA}$ /秒以下である。

すなわち、本実施例では、15秒のエッチングにおいて、InGaPクラッド層のエッチング深さは単原子層（3 $\text{\AA}$ ）以下であった。

また、上記ダブルヘテロ構造は、MOCVD、MBE等の精密な結晶成長法によって作製すれば、非常に平坦な膜が得られる。デバイスサイズ（300 $\mu$ m角）程度では、原子層レベルの平坦性を得ることも可能である。また、膜厚も1%以下の誤差で作製することが可能である。

このようなダブルヘテロ構造を用いれば、本発明によりメサの深さは、1%以下の誤差で設計できまたエッチング底面は、原子層レベルの平坦性

特開平3-222488(4)

表 1

	1 回目		2 回目		3 回目	
	$\bar{I}_{th}$	$\sigma_{th}$	$\bar{I}_{th}$	$\sigma_{th}$	$\bar{I}_{th}$	$\sigma_{th}$
実施例 1	12.3	0.40	12.4	0.40	12.6	0.35
実施例 2	10.2	0.35	9.7	0.35	10.1	0.40
従来型	25.2	3.2	18.0	2.9	30.4	4.1

\* 波長:  $0.93 \pm 0.01 \mu m$   
単位:  $\mu A$

なお、本実施例では、リッジ導波路型を取り上げたが、レーザ構造としては、第2図に示したようなSBA型等の作製にも本発明のエッチング停止層を導入することが出来る。

第2図において、(31)はn型GaAs基板、(33)はn型InGaPクラッド層、(38)はエッチング停止層、(37)はp型InGaPブロッキング層、(34)は活性層、(35)はn型InGaPクラッド層、(36)はn型GaAsコンタクト層である。

また、InGaPの選択エッチングには、塩酸と硝酸、あるいは酢酸の混合溶液を用いることも出来る。

(発明の効果)

を持つ歪量子井戸リッジ導波路型半導体レーザ素子を容易に作製することが出来る。

本発明の実施例1、2及び従来例のダブルヘテロ構造を各々3回ずつ、MOCVD法を用いて作製し、各ウエハから、各々100コのリッジ導波路型歪量子井戸半導体レーザ素子を作製し、発振しきい値電流を測定した結果を表1に示す。

しきい値の平均は、従来に比べて本発明のダブルヘテロ構造の方がよい。特に、実施例2は、実施例1に較べて、発振波長 $0.93 \mu m$ でのエッチング停止層の吸収が小さいため低しきい値となっている。

しきい値のばらつきは、パッチ間、チップ間とも本発明のダブルヘテロ構造が、従来型よりも良好である。

以上説明したように本発明によれば、InGaAs井戸層とGaAs障壁層からなる歪量子井戸構造を有する活性層の上下に配置されたクラッド層がInGaPからなり、該クラッド層中にGaAs障壁からなるエッチング停止層が挿入されているため、選択エッチングを行うことにより、しきい値電流のばらつきが減少し、製造歩留りが向上するという優れた効果がある。

#### 4. 図面の簡単な説明

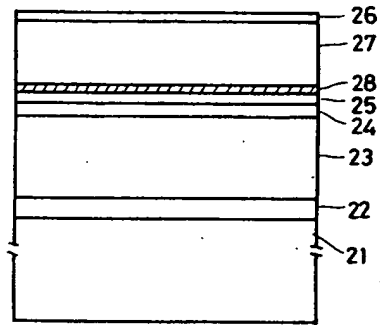
第1図は本発明に係る半導体レーザ素子のダブルヘテロ構造の一実施例の説明図、第2図は異なる他の実施例の説明図、第3図は従来例のダブルヘテロ構造の説明図、第4図は活性層の説明図、第5図(a)~(d)は従来例のダブルヘテロ構造の作製工程説明図である。

1, 21, 31...基板、 2, 22...バッファ層、  
3, 5, 23, 25, 27, 33, 35...クラッド層、 4,  
24, 34...活性層及び光閉じ込め層、 6, 26, 36  
...コンタクト層、 7...光閉じ込め層、 8...障  
壁層、 9...歪量子井戸層、 10...レジスト、

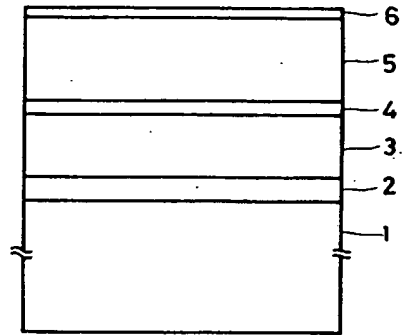
11...エッチングマスク、 12...エッチング部、  
28, 38...エッチング停止層、 37...ブロッキング  
層。

特許出願人

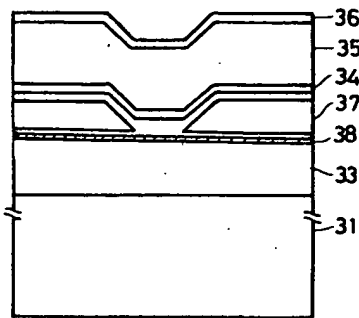
古河電気工業株式会社



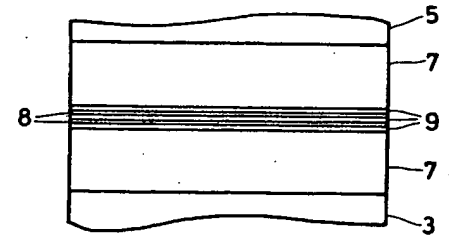
第 1 図



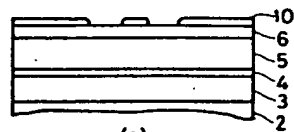
第 3 図



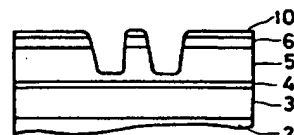
第 2 図



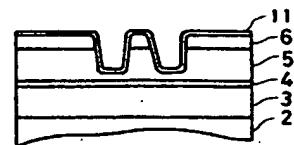
第 4 図



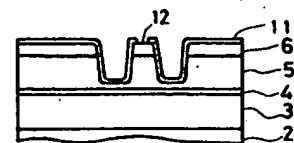
(a)



(b)



(c)



(d)

第 5 図